Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 2, Summer. 2021, p. 201-217

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 19، شماره 2، تابستان 1400، ص. 217-201

مقاله پژوهشی

بررسی اعتبار و امکان استفاده از داده‌های شبکه‌بندی‌شده AgMERRA برای مطالعات اقلیمی- کشاورزی در استان خراسان شمالی

معصومه فرهادی[1]، محسن جهان[2*] ، محمد بنایان اول[3]

تاریخ دریافت: 1400/01/28
تاریخ پذیرش: 1400/02/29

چکیده

بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی در بعد زمانی- مکانی، مطالعات هواشناسی کشاورزی، شبیه‌سازی عملکرد گیاهان زراعی و تولید سناریوهای اقلیمی، نیازمند مجموعه داده‌های هواشناسی دقیق و استاندارد است. این در حالی است که داده‌های مشاهداتی تاریخی در بسیاری از مناطق در دسترس نبوده و یا ناقص است؛ بنابراین، داده‌های شبکه‌بندی شده یا داده‌های آب و هوایی تولید شده به‌عنوان جایگزینی در این مناطق مورد استفاده قرار می‌گیرند. در پژوهش حاضر، امکان استفاده از مجموعه داده‌های AgMERRA برای پر کردن خلاء داده‌های تاریخی ناقص و گمشده در هفت ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در استان خراسان شمالی در بازه زمانی 2010-1980 مورد بررسی قرار گرفت. نتایج واسنجی با استفاده از شاخص‌های ارزیابی کارایی مدل نظیر ضریب تبیین (R^2)، شاخص توافق (d)، جذر میانگین مربعات خطا ($RMSE$)، جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده ($NRMSE$)، میانگین خطای اریبی (MBE) نشان داد که در تمامی مناطق مورد مطالعه، داده‌های شبکه‌بندی شده AgMERRA برای تشعشع خورشیدی، دمای حداقل، دمای حداکثر، به استثنای بارندگی روزانه و رطوبت نسبی در دمای حداکثر، تطابق (d >0/92 و $NRMSE$ <30%) و همبستگی خوبی ($0/81 \le r \le 0/96$) با داده‌های ایستگاهی در مناطق خشک، نیمه‌خشک، معتدل و سرد و کوهستانی استان خراسان شمالی دارد. اگرچه زمانی که داده‌های روزانه بارندگی به‌صورت داده‌های ماهانه تجمیع شدند، همبستگی بهتری حاصل شد. به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که می‌توان از سری داده‌های AgMERRA برای مطالعات اقلیمی، تجزیه و تحلیل، برنامه‌ریزی و مدیریت بخش کشاورزی در حوزه استان خراسان شمالی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: اعتبارسنجی، تغییرات زمانی-مکانی، داده‌های ایستگاهی، هواشناسی کشاورزی

مقدمه

تخمین عملکرد و اجزای عملکرد به‌منظور تجزیه و تحلیل امنیت غذایی، ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی، توسعه و کاربرد ابزارهای حمایت از تصمیم‌گیری‌های مدیریتی با هدف پشتیبانی از سیاست‌گذاری‌ها و تحقیقات زراعی مطالعاتی ضروری هستند. از سویی دیگر، مدل‌های شبیه‌سازی عملکرد، نیازمند داده‌های با کیفیت روزانه هواشناسی در بازه زمانی درازمدت و تاریخی می‌باشند (van Wart *et al.*, 2013). تقریباً تمامی شاخص‌های اقلیمی کشاورزی بر اساس دو پارامتر دما و بارش محاسبه می‌شوند و تغییرات اقلیمی آینده با تأثیر بر این شاخص‌ها شرایط رشد و نمو گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار خواهند داد (Koocheki *et al.*, 2016).. پیش‌بینی می‌شود تغییرات اقلیمی آینده از طریق تغییر در میانگین دما و بارش بر و تولید محصولات زراعی تأثیرگذار باشد؛ لذا شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر تغییر اقلیم و روش‌های مناسب سازگاری با این تغییرات به‌منظور دستیابی به تولید پایدار بسیار مهم است (Bannayan *et al*., 2010). بر اساس استاندارد سازمان هواشناسی جهانی، حداقل سی سال داده‌های هواشناسی برای مطالعات اقلیمی لازم است (Burroughs, 2003). با این‌حال، مشکل عمده در مورد داده‌های آب و هوای تاریخی، از یک سو، معدود بودن ایستگاه‌های هواشناسی و از سوی دیگر، تعداد اندک متغیرهای اندازه‌گیری شده و داده‌های از دست رفته بسیار است. به‌دلیل فقدان یا عدم دسترسی به داده‌های آب و هوایی اندازه‌گیری شده[4] (MWD) یا مشاهداتی[5] (OWD) با دقت و کیفیت مناسب در بسیاری از مناطق کشاورزی در سراسر جهان، داده‌های آب و هوایی شبکه‌بندی شده یا

1- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
3- استاد، گروه اکروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: jahan@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.69532.1044

4- Measured Weather Data
5- Observed Weather Data

تولید شده[1] (GWD) به‌عنوان جایگزین در این مناطق استفاده شده است(Van Wart *et al*., 2015). مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که می‌توان از داده‌های شبکه‌بندی شده برای پر کردن شکاف داده‌های آب و هوایی استفاده کرد (Battisti *et al*., 2019; Bender and Sentelhas, 2018; Júnior *et al*., 2019; Xavier *et al*., 2015). در این بین، میزان توافق داده‌های شبکه‌بندی شده با داده‌های مشاهداتی در کاربرد آن برای تحقیقات کشاورزی دارای اهمیت است (Mourtzinis *et al*., 2016). اطلاعات ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی، پایه و اساس بسیاری از داده‌های تولیدی شبکه‌بندی شده می‌باشند و به‌طور گسترده برای توصیف شرایط اقلیمی منطقه، روند تغییر اقلیم و بررسی تأثیر آب و هوا بر اکوسیستم‌های طبیعی و مدیریت شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. از اصلی‌ترین روش‌ها در میان رهیافت‌های متعدد برای پر کردن خلاء داده‌های هواشناسی، می‌توان روش تولید توالی‌های تصادفی داده‌های روزانه توسط مولدهای اقلیمی WGEN (Richardson and Wright, 1984) و SIMMETEO (Geng *et al*., 1986)؛ روش همبستگی‌های تجربی در متغیرهای هواشناسی داده‌های مشاهداتی (Angstrom, 1924; Bristow and Campbell, 1984) و استفاده از داده‌های شبکه‌بندی‌شده بر پایه اطلاعات ماهواره‌ای و یا زمینی (Ruane *et al*., 2015; van Wart *et al*., 2013; Xavier *et al*., 2015) را نام برد. بر همین اساس در سال 2014، مجموعه داده‌هایی با هدف ایجاد شبکه‌ای جهانی و همگون برای استفاده در پژوهش‌های کشاورزی، امنیت غذایی و مدل‌های رشد گیاهی، توسط سازمان ملی هوانوردی و فضایی ایالات متحده آمریکا[2] (NASA) و دانشگاه کلمبیا توسعه داده شد (Rienecker *et al*., 2011) . این پایگاه داده که AgMERRA[3] نامیده شده است، حاصل تجزیه و تحلیل مجدد داده‌های ماهواره‌های MERRA[4]، PERSIANN[5] و CMORPH[6] (CPC) (Joyce *et al*., 2004) و داده‌های مشاهده شده از 2324 ایستگاه‌های سینوپتیک در مناطق مهم کشاورزی جهان است که متغیرهای اقلیمی مورد نیاز در مدل‌های رشد و نمو گیاهان زراعی در مقیاس زمانی روزانه با قدرت تفکیک بالا 25 × 25 کیلومتر برای بارندگی، سرعت باد و رطوبت نسبی در دمای ماکزیمم، 50 × 50 کیلومتر برای دمای حداقل و حداکثر و 100 × 100 کیلومتر برای تشعشع خورشیدی) را برای سال‌های 1980 تا 2010 در بر دارد و به‌عنوان بخشی از پروژه AgMIP[7] برای بررسی تأثیر تغییرات و نوسانات اقلیمی بر بخش کشاورزی ایجاد شده است. بازه زمانی 1980 تا 2010 اهمیت خاصی برای مدل‌های کشاورزی دارد. از این دوره برای واسنجی مدل‌های زراعی و اقلیمی و همچنین به‌عنوان دوره پایه برای تولید سناریوهای اقلیمی استفاده می‌شود. این مجموعه داده مانند داده‌های آب و هوایی سایر مدل‌های هیدرولویکی است، با این تفاوت که در آن توجه ویژه‌ای به مناطق کشاورزی و متغیرهای اقلیمی مورد نیاز در مدل‌های رشد و نمو گیاهان زراعی شده است (Ruane *et al*., 2015). انواع داده‌های شبکه‌بندی‌شده در مدل‌ها و پروژه‌های مربوط به تغییر اقلیم مورد مقایسه قرار گرفته‌اند و با توجه به منابع خطای موجود در تولید این داده‌ها در سطح جهانی، باید پیش از استفاده منطقه‌ای مورد ارزیابی قرار گیرند (Bender and Sentelhas, 2018). در مطالعه رضوی و همکاران (Razavi *et al*., 2018)، پایگاه داده AgMERRA از نظر آماری، نتایج قابل قبولی را در مقایسه با مقادیر مشاهده شده ایستگاه‌های سینوپتیک افغانستان به‌دست آورد که حاکی از توانایی بالای آن در برآورد متغیرهای هواشناسی است. نتایج پژوهش یعقوبی و همکاران (Yaghoobi *et al*., 2018) نیز، که داده‌های AgMERRA را به‌منظور شبیه‌سازی عملکرد و نیاز آبی گندم دیم در خراسان رضوی مورد ارزیابی قرار دادند، نشان داد که تشعشع خورشیدی، دمای حداقل و حداکثر در تمامی مناطق مورد مطالعه، همبستگی و توافق خوبی با داده‌های مشاهداتی داشتند. در استان خراسان شمالی داده‌های تاریخی هواشناسی در دسترس نبوده و یا دارای مقادیر گمشده می‌باشند. از طرفی با فرض تکمیل و در دسترس بودن داده‌های هواشناسی درازمدت، داده‌های این تعداد ایستگاه مشاهداتی برای انجام مطالعات اقلیمی و اجرای مدل‌های شبیه‌سازی عملکرد گیاهان زراعی در مساحت یاد شده کافی نبوده و لذا از دقت لازم برخوردار نیست. در پژوهش حاضر، امکان استفاده از مجموعه داده‌های اقلیمی AgMERRA با فرض مناسب بودن آن برای پر کردن خلاء ناشی از کمبود یا فقدان داده‌های تاریخی ایستگاهی در استان خراسان شمالی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی تأثیر عوامل اقلیمی بر روند عملکرد تاریخی محصولات مهم و استراتژیک مانند گندم در مناطق آبی و دیم، محاسبه شاخص خشکی، محاسبه تبخیر و تعرق به‌عنوان ورودی مدل‌های رشد و نمو گیاهان زراعی به‌منظور شبیه‌سازی عملکرد و برآورد نیاز آبی محصولات، به‌ویژه در مناطق دیم از جمله کاربردهای نتایج پژوهش حاضر است.

1- Gridded Weather Data or Generated Weather Data
2- National Aeronautics and Space Administration
3- Agricultural Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications
4- The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications
5- Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks
6- Climate Prediction Center (CPC) morphing method
7- The Agricultural Model Inter-comparision and Improvement Project

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، استان خراسان شمالی با مساحتی حدود 28179 کیلومتر مربع است که در مختصات جغرافیایی 36 درجه و 27 دقیقه تا 38 درجه و 17 دقیقه عرض شمالی و 55 درجه و 54 دقیقه تا 58 درجه و 25 دقیقه طول شرقی واقع شده است. در این پژوهش از داده‌های مشاهداتی روزانه هفت ایستگاه سینوپتیک واقع در شهرستان‌های اسفراین، بجنورد، شیروان، فاروج، مانه سملقان، راز-جرگلان و جاجرم شامل درجه حرارت حداقل و حداکثر، ساعات آفتابی، رطوبت نسبی و بارش در بازه زمانی سال‌های1980 تا 2010 استفاده شد. موقعیت جغرافیایی و برخی پارامترهای آب و هوایی هر کدام از ایستگاه‌ها در شکل 1 و جدول 1 آورده شده است. مجموعه داده‌های AgMERRA در بازه زمانی 1980 تا2010 با فرمت NetCDF از آدرس الکترونیکی پایگاه اطلاعاتی NASA [1] بارگیری و پس از تعیین موقعیت هر ایستگاه در گرید، داده‌های آن گرید با استفاده از بسته ncdf4 نرم‌افزار R، استخراج گردید *(Bosilovich et al.*, 2015).

از آنجا که تابش خورشیدی به‌صورت متداول توسط ایستگاه‌ها ثبت نشده است، لذا این متغیر با استفاده از ساعات آفتابی و معادله Angstrom-Prescott بدین شرح محاسبه گردید: (Angstrom, 1924; Prescott, 1940)

$$Rs = (a + (b(n/N)) Ra \quad (1)$$

در این معادله، Rs کل تشعشع رسیده به سطح زمین (مگاژول بر مترمربع در روز) ، Ra تشعشع رسیده به بالای جو (مگاژول بر مترمربع در روز)، n طول متوسط تابش حقیقی آفتاب (ساعات آفتابی)، N طول روز حقیقی (ساعت)، a و b ضرایب Angstrom-Prescott می‌باشند. کارایی مجموعه داده‌های AgMERRA با استفاده از شاخص‌های برازش از جمله جذر میانگین مربعات خطا [2] (*RMSE*) (معادله 2)، جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده [3] (*NRMSE*) (معادله 3)، مربع ضریب همبستگی پیرسون یا ضریب تبیین [4] (R^2)، شاخص توافق [5] (d) (معادله 4)، میانگین خطای اریبی [6] (*MBE*) (معادله 5) مورد بررسی قرار گرفت (Willmott *et al.*, 1985).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{n}} \quad (2)$$

$$NRMSE(\%) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{n}} \times \frac{100}{\overline{O_i}} \quad (3)$$

$$d = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|P_i - \overline{O_i}| + |O_i - \overline{O_i}|)^2}\right) \quad (4)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)}{n} \quad (5)$$

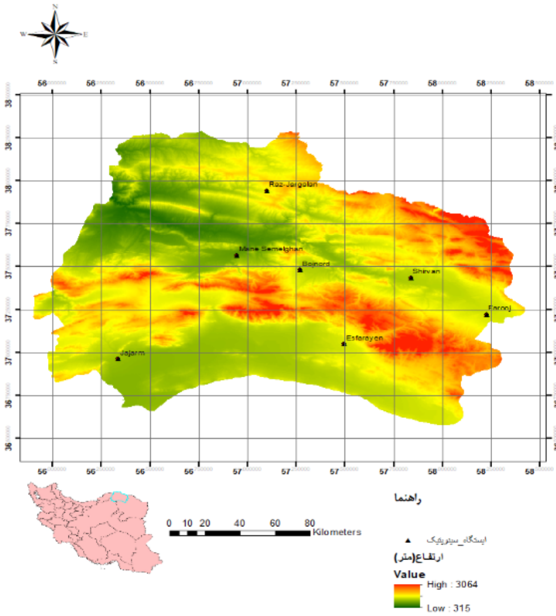
در این معادلات، n تعداد روز مشاهداتی، O_i مقدار متغیر مشاهده شده برای روز iام و P_i مقدار متغیر شبیه‌سازی شده (AgMERRA) برای روز iام، O_{max} حداکثر و O_{min} حداقل مقدار متغیر مشاهده شده می‌باشد.ō نیز نشان‌دهنده‌ی میانگین مقادیر مشاهده شده می‌باشد (Justin Van Wart *et al.*, 2015). برای هر متغیر آب و هوایی، شاخص برازش بین مقادیر مشاهداتی و پیش‌بینی شده توسط AgMERRA برای گریدی که ایستگاه هواشناسی در آن واقع شده است، محاسبه گردید. ضریب تبیین بیانگر دقت و شاخص توافق نشان‌دهنده‌ی صحت محاسبات می‌باشند. مقادیر مثبت میانگین خطای اریبی نشان‌دهنده‌ی آن است که مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل بیشتر از مقادیر واقعی و مقادیر منفی آن نشان‌دهنده‌ی آن است که مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل کمتر از مقادیر واقعی می‌باشند. چنانچه مقدار *NRMSE* کمتر از 10 باشد شبیه‌سازی عالی، بین 10 تا 20 خوب، بین 20 تا 30 متوسط و بیشتر از 30 ضعیف خواهد بود (Wallach and Makowski, 2006).

نتایج و بحث

درجه حرارت حداکثر

مقادیر شبیه‌سازی شده درجه حرارت ماکزیمم در تمامی ایستگاه‌ها با مقادیر مشاهداتی همبستگی مثبت داشتند (شکل 2). بیشترین همبستگی در ایستگاه اسفراین با r =0/96 و کمترین ضریب همبستگی به میزان r =0/87 در ایستگاه بجنورد مشاهده شد (جدول 2). مقدار NRMSE درجه حرارت ماکزیمم در همه ایستگاه‌ها در رده عالی و در ایستگاه بجنورد در رده خوب قرار گرفت. شاخص توافق داده‌های شبیه‌سازی شده AgMERRA با داده‌های مشاهداتی درجه حرارت ماکزیمم، در ایستگاه بجنورد 0/96 و در بقیه ایستگاه‌ها 0/99 به‌دست آمد. بیشترین مقدار میانگین خطای اریبی مربوط به ایستگاه بجنورد (4/03) و کمترین آن متعلق به ایستگاه فاروج (0) بود.

1- http://data.giss.nasa.gov/impacts/agmipcf/agmerra
2- Root Mean Square Error
3- Normalized Root Mean Square Error
4- Coefficient of Determination
5- Index of Agreement
6- Mean Bias Error



شکل 1- موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان شمالی در گریدهای 0/25 × 0/25 درجه، داده‌های AgMERRA

Figure 1- Location of North Khorasan synoptic stations in 0.25 × 0.25 grids of AgMERRA data

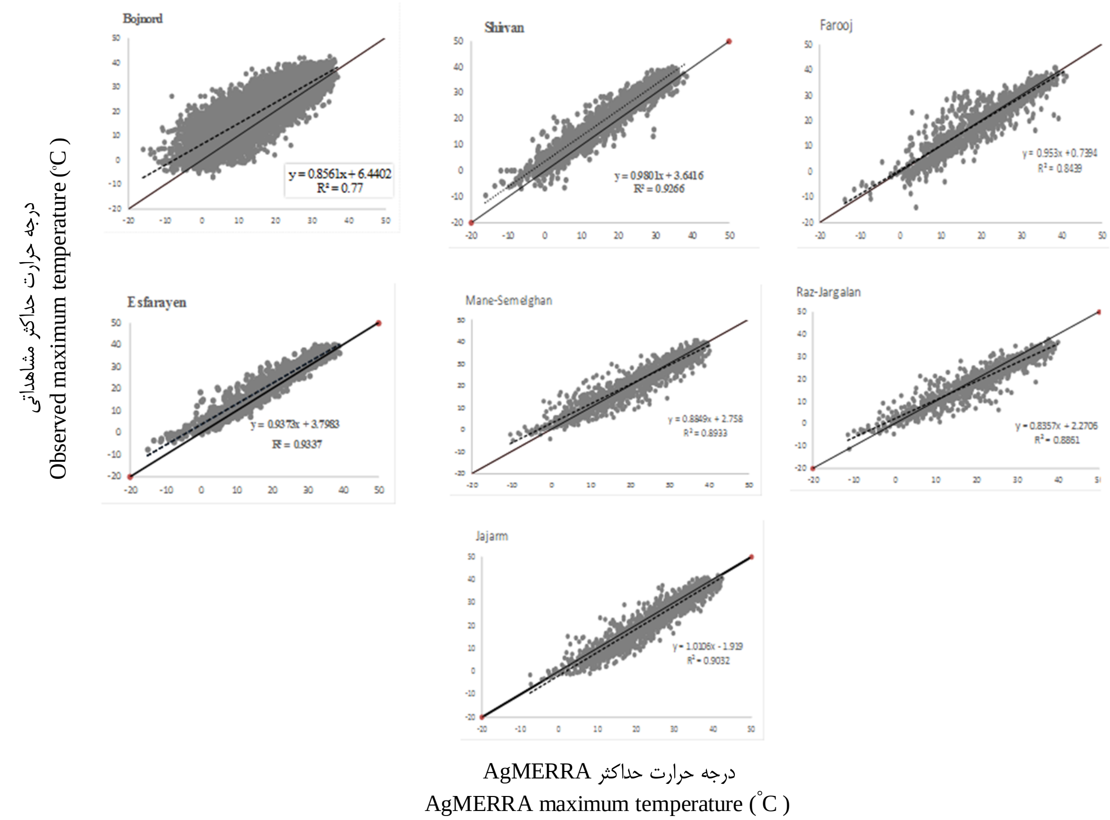
جدول 1- مختصات جغرافیایی و برخی پارامترهای آب و هوایی ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان شمالی

Table 1- Coordinates and some weather parameters of synoptic stations in Northern Khorasan province

ایستگاه سینوپتیک	دوره آماری	متغیرهای آب و هوایی در دسترس	ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض جغرافیایی (درجه اعشار)	طول جغرافیایی (درجه اعشار)
Synoptic Station	**Weather data period**	**Available weather parameter**	**Elevation from sea level (m)**	**Latitude (decimal degree)**	**Longitude (decimal degree)**
اسفراین Esfarayen	2007-2010	T_{max}, T_{min}, Srad, Rhs_{tmax}, prat	1203	37.05	57.49
مانه سملقان Mane Semelghan	2007-2010	T_{max}, T_{min}, Srad, Rhs_{tmax}, prat	762	37.57	56.95
بجنورد Bojnord	1980-2010	T_{max}, T_{min}, Srad, Rhs_{tmax}, prat	1100	37.48	57.27
جاجرم Jajarm	2007-2010	T_{max}, T_{min}, Srad, Rhs_{tmax}, prat	969	36.96	56.34
راز جرگلان Raz Jargalan	2007-2010	T_{max}, T_{min}, Rhs_{tmax}, prat	1278	37.94	57.10
شیروان Shirvan	2005-2010	T_{max}, T_{min}, Rhs_{tmax}, prat	1051	37.43	57.84
فاروج Farooj	2007-2010	T_{max}, T_{min}, Rhs_{tmax}, prat	1196	37.22	58.23

T_{max}، T_{min}، Srad، Rhs_{tmax} و prat به‌ترتیب بیانگر دمای حداکثر، دمای حداقل، تابش خورشیدی، رطوبت نسبی در دمای ماکزیمم و بارندگی می‌باشند.

T_{max}, T_{min}, Srad, Rhs_{tmax}, prat represent maximum temperature, minimum temperature, solar radiation, relative humidity in maximum temperature and precipitation, respectively



شکل 2- مقایسه مقادیر روزانه مشاهداتی درجه حرارت حداکثر ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان شمالی با داده‌های AgMERRA؛ خط سیاه: خط یک به یک؛ خط نقطه‌چین: خط رگرسیون؛ R^2: ضریب تبیین

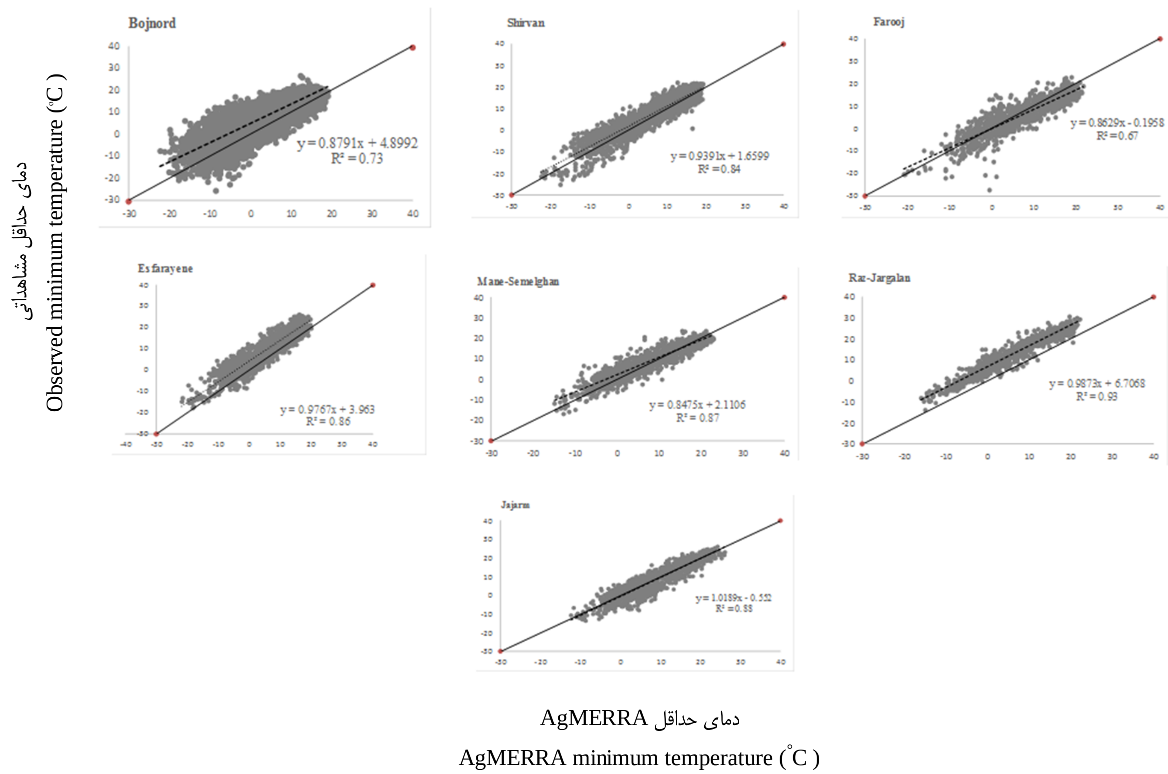
Figure 2- Validation of daily maximum temperature (T_{max}) observed values of North Khorasan synoptic stations with AgMERRA data. Solid line: 1:1 line; dotted line: regression line; R^2, coefficient of determination

درجه حرارت حداقل

مقادیر اندازه‌گیری شده درجه حرارت حداقل در تمامی ایستگاه‌ها با مقادیر شبیه‌سازی‌شده AgMERRA همبستگی مثبت داشت (شکل 3). بیشترین ضریب تبیین مربوط به ایستگاه راز و جرگلان با مقدار 0/93 بود که نشان‌دهنده‌ی تطابق بالای مقدار شبیه‌سازی شده با مقادیر مشاهداتی می‌باشد (جدول 3). ضریب تبیین در ایستگاه‌های جاجرم، مانه سملقان، اسفراین، شیروان، بجنورد و فاروج به‌ترتیب 0/88، 0/87، 0/86، 0/84، 0/73 و 0/67 بود. *NRMSE* برای ایستگاه‌های جاجرم، مانه سملقان و فاروج (7/98، 7/93، 8/08) در رده عالی و برای ایستگاه‌های شیروان، اسفراین، بجنورد و راز جرگلان (7/98، 11/23، 12/23 و 15/81) در رده خوب قرار گرفت. در مجموع بررسی مقادیر ضریب تبیین و *NRMSE*، شاخص توافق و همچنین خطای میانگین اریبی، نشان‌دهنده‌ی همبستگی قوی و تطابق داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده برای متغیر درجه حرارت حداقل می‌باشد.

تشعشع خورشیدی

مقادیر شبیه‌سازی شده تشعشع خورشیدی همبستگی و تطابق خوبی با مقادیر دیده‌بانی شده داشت (شکل 4). مقدار ضریب تبیین برای ایستگاه بجنورد 0/88، اسفراین و جاجرم 0/87 و برای ایستگاه مانه سملقان 0/75 به‌دست آمد (جدول 4). شاخص توافق نیز در چهار ایستگاه دارای مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی بین 0/96 تا 0/98 به‌دست آمد. جذر میانگین خطای نرمال شده در ایستگاه‌های بجنورد، اسفراین و جاجرم در حد متوسط ($20<NRSME<30$) و در ایستگاه مانه سملقان ضعیف بود (*NRMSE*=32/31). سایر ایستگاه‌ها (شیروان، فاروج، راز جرگلان فاقد مقادیر مشاهداتی ایستگاهی برای متغیر تشعشع بودند).



شکل 3- اعتبارسنجی مقادیر روزانه مشاهداتی درجه حرارت حداقل ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان شمالی با داده‌های AgMERRA؛ خط سیاه: خط یک به یک؛ خط نقطه چین: خط رگرسیون؛ R^2: ضریب تبیین

Figure 3- Validation of daily minimum temperature (T_{min}) observed values of North Khorasan synoptic stations with AgMERRA data. Solid line: 1:1 line; dotted line: regression line; R^2: coefficient of determination

رطوبت نسبی در درجه حرارت حداکثر (Rhs_{tmax})

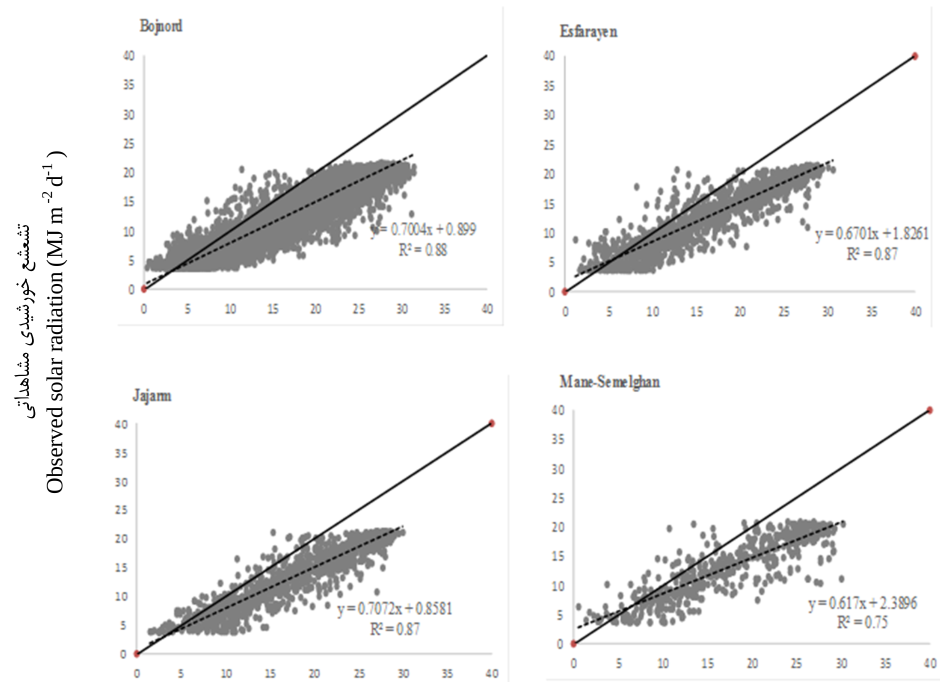
AgMERRA قابلیت نسبتاً خوبی در شبیه‌سازی متغیر رطوبت نسبی در درجه حرارت حداکثر برای ایستگاه‌های شیروان، فاروج، اسفراین و جاجرم داشت. شاخص توافق برای این ایستگاه‌ها بین 0/92 تا 0/94 و جذر میانگین مربع خطای نرمال شده در رده خوب قرار گرفت. ضریب تبیین بین مقادیر پیش‌بینی شده با داده‌های مشاهداتی پارامتر (Rhs_{tmax}) از 0/16 برای ایستگاه بجنورد تا 0/50 برای ایستگاه شیروان متغیر بود (جدول 5 و شکل 5). ضریب تبیین پایین برای ایستگاه بجنورد را می‌توان به شرایط توپوگرافی و پوشش گیاهی حداقل مرتبط دانست.

بارندگی

جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده برای داده‌های بارندگی روزانه AgMERRA در رده‌های عالی و خوب قرار گرفتند (جدول 6). با توجه به همبستگی ضعیف بین داده‌های بارندگی روزانه پیش‌بینی شده با داده‌های مشاهداتی (شکل6)، مجموع بارندگی ماهیانه هر ایستگاه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصله، همبستگی و جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده بهتری را نسبت به بارندگی روزانه نشان داد (شکل 7). درنظر گرفتن مقیاس زمانی ماهانه نسبت به روزانه، اگرچه رده *NRMSE* را از عالی به خوب تقلیل داد، با این حال مقادیر ضریب تبیین بالایی به‌خصوص در ایستگاه‌های راز و جرگلان (0/88)، اسفراین (0/84) و مانه سملقان (0/80) به‌دست آمد.

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های مورد مطالعه، بیانگر اعتبار و قابلیت بالای AgMERRA در شبیه‌سازی متغیرهای درجه حرارت حداکثر، درجه حرارت حداقل، تشعشع خورشیدی روزانه و بارندگی به‌ویژه در مقیاس زمانی ماهانه است. در زمینه اعتبارسنجی مقادیر پیش‌بینی شده AgMERRA مطالعات دیگری نیز در نقاط مختلف جهان انجام شده که همگی قدرت و توانایی این مدل را در پیش‌بینی داده‌های تاریخی هواشناسی تأیید نمودند. مطالعه‌ای در برزیل نشان داد که متغیرهای پیش‌بینی شده درجه حرارت حداقل و حداکثر، همبستگی زیاد ($r \geq 0/94$) و متغیر تشعشع خورشیدی، همبستگی

کمی ($r \leq 0/54$) با مقادیر مشاهداتی داشتند (Bender and Sentelhas, 2018). نتیجه مشابهی توسط (Battisti *et al*., 2019) و (Amatya *et al*., 2018) گزارش شده است. مطالعه مقادیر پیش‌بینی شده AgMERRA برای یازده ایستگاه هواشناسی واقع در شمال شرقی ایران (استان‌های خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان رضوی)، همبستگی قوی و تطابق خوبی را بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهداتی برای متغیرهای درجه حرارت حداقل، درجه حرارت حداکثر، تشعشع روزانه، بارندگی در بازه زمانی ماهانه و 15 روزه نشان داد (Yaghoobi *et al*., 2018).

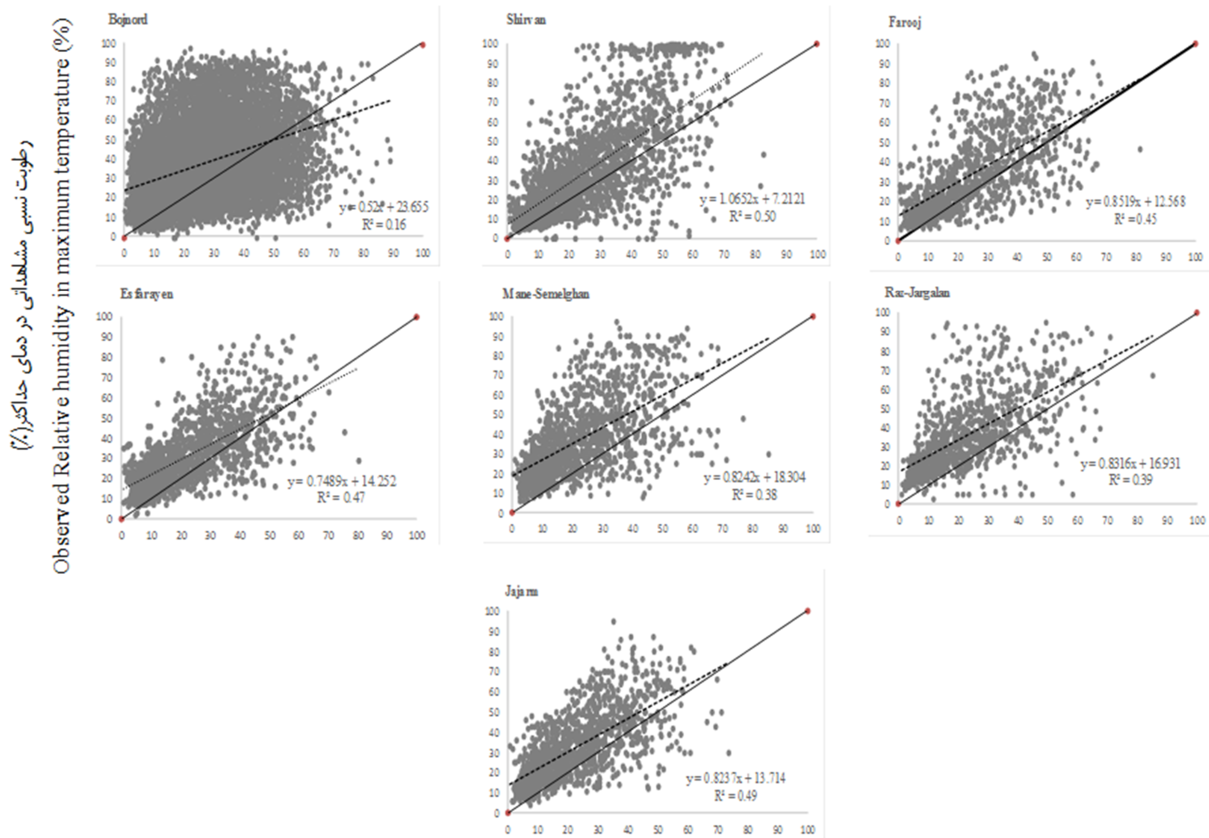


شکل 4- مقایسه مقادیر روزانه مشاهداتی تشعشع خورشیدی ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان شمالی با داده‌های AgMERRA؛ خط سیاه: خط یک به یک،؛خط نقطه‌چین: خط رگرسیون؛R^2: ضریب تبیین

Figure 4- Validation of daily solar radiation (*srad*) observational values of North Khorasan synoptic stations with AgMERRA data. Solid line: 1:1 line; dotted line: regression line; R^2: coefficient of determination

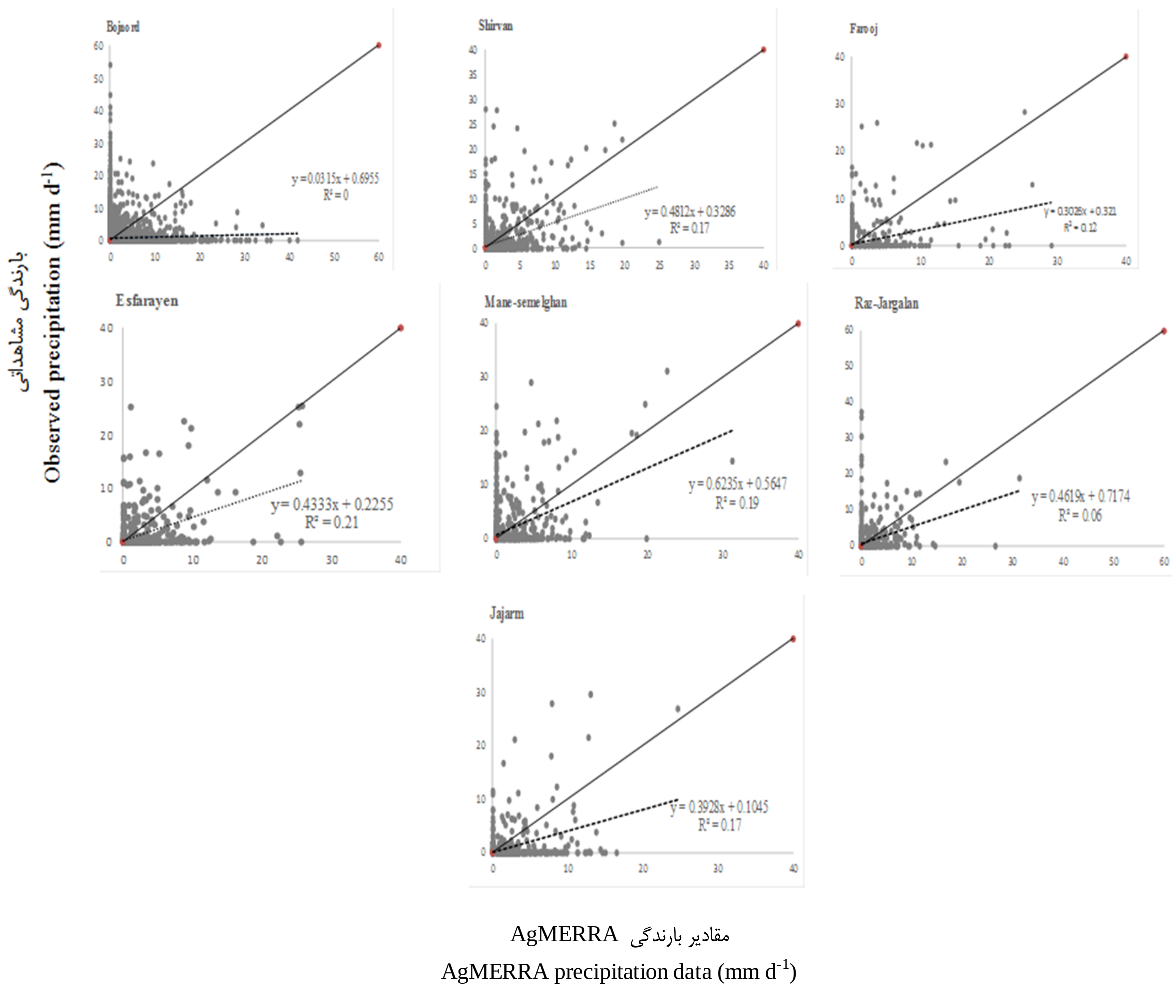
انجام پژوهش دیگری در افغانستان، حاکی از نتایج رضایت‌بخش اعتبارسنجی AgMERRA در مقابل داده‌های چهار ایستگاه سینوپتیک بود (Razavi *et al*., 2018). نتیجه مطالعه‌ای که در برزیل صورت گرفت نیز حاکی از اعتبار بالای داده‌های تاریخی پیش‌بینی شده توسط AgMERRA است. این مطالعه با هدف ارزیابی کارایی مدل‌های AgMERRA، AgCFSR، NASA/POWER و XAVIER برای کامل کردن سری داده‌های تاریخی (1980تا 2009) بر پایه مقادیر اندازه‌گیری شده و داده‌های هوایی شبکه‌بندی شده برای تولید سناریوهای تغییر اقلیم انجام گرفت که نتایج رضایت‌بخش در بر داشت (Bender and Sentelhas, 2018). در پژوهش حاضر، اعتبارسنجی شاخص‌های آب و هوایی نشان داد که مقادیر پیش‌بینی شده توسط AgMERRA، همبستگی و توافق بسیار خوبی با مقادیر مشاهداتی متغیرهای درجه حرارت حداقل و حداکثر دارد. کمترین توافق و همبستگی برای این دو متغیر در ایستگاه‌های بجنورد و فاروج (با توپوگرافی ناهمگن) مشاهده گردید. ارتفاع گزارش شده برای هر گرید در داده‌های ناسا، نماینده میانگین هر گرید است (White *et al*., 2008). در نواحی با توپوگرافی ناهمگن همانند ایستگاه‌های بجنورد و فاروج، میانگین ارتفاع گرید ممکن است با ارتفاع ایستگاه تفاوت معنی‌دار داشته باشد. میانگین خطای اریبی درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر در ایستگاه

بجنورد قابل توجه بود. نتیجه به‌دست آمده را می‌توان با موقعیت قرار گرفتن این ایستگاه‌ها مـرتبط دانسـت. محمـود و همکـاران (2006) متذکر شدند درصـورتی‌کـه ایسـتگاه‌هـا در نزدیکـی سـاختمان‌هـا و جاده‌های آسفالت قرار گرفته باشند، داده‌های ایستگاهی دارای اریبـی خواهند بود (Mahmood *et al*., 2006). داده‌های مربوط به تشعشع برآورده شده توسط AgMERRA ضریب همبستگی و توافق بالایی با داده‌های مشاهداتی تشعشع در تمامی ایسـتگاه‌هـا داشـت. مقـادیر تشعشع AgMERRA برای همه ایستگاه‌ها کمتر از مقـادیر تشعشـع مشاهداتی بود (میانگین خطای اریبی بین 0/2- تا 3/8- مگا ژول بر متر مربع در روز). چنین نتیجه‌ای در پژوهش Bender و Sentelhas نیز مشاهده شد و میانگین خطای اریبی تشعشع برای سری داده‌های گریدبنـدی شـده NASA/POWER, AgMERRA, AgCFSR، XAVIER منفی به‌دست آمـد (Bender and Sentelhas, 2018). همه ایستگاه‌های مورد مطالعه در نواحی خشک و نیمه‌خشک و دور از پوشش گیاهی واقع شده‌اند، لذا تشعشع خورشیدی مشـاهده شـده در ایستگاه به دلیل ضریب انعکاس نور بیشتر، مقادیر بالاتری را نسبت به مقادیر پیش‌بینی شده AgMERRA نشان دادند (شکل 4).



شکل 5- مقایسه مقادیر روزانه مشاهداتی رطوبت نسبی در درجه حرارت حداکثر ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان شمالی با داده‌های AgMERRA؛ خط سیاه: خط یک به یک؛ خط نقطه‌چین: خط رگرسیون؛ R^2: ضریب تبیین

Figure 5- Validation of daily Relative humidity in maximum temperature (Rhs_{tmax}) observational values of North Khorasan synoptic stations with AgMERRA data. Solid line: 1:1 line; dotted line: regression line; R^2: coefficient of determination

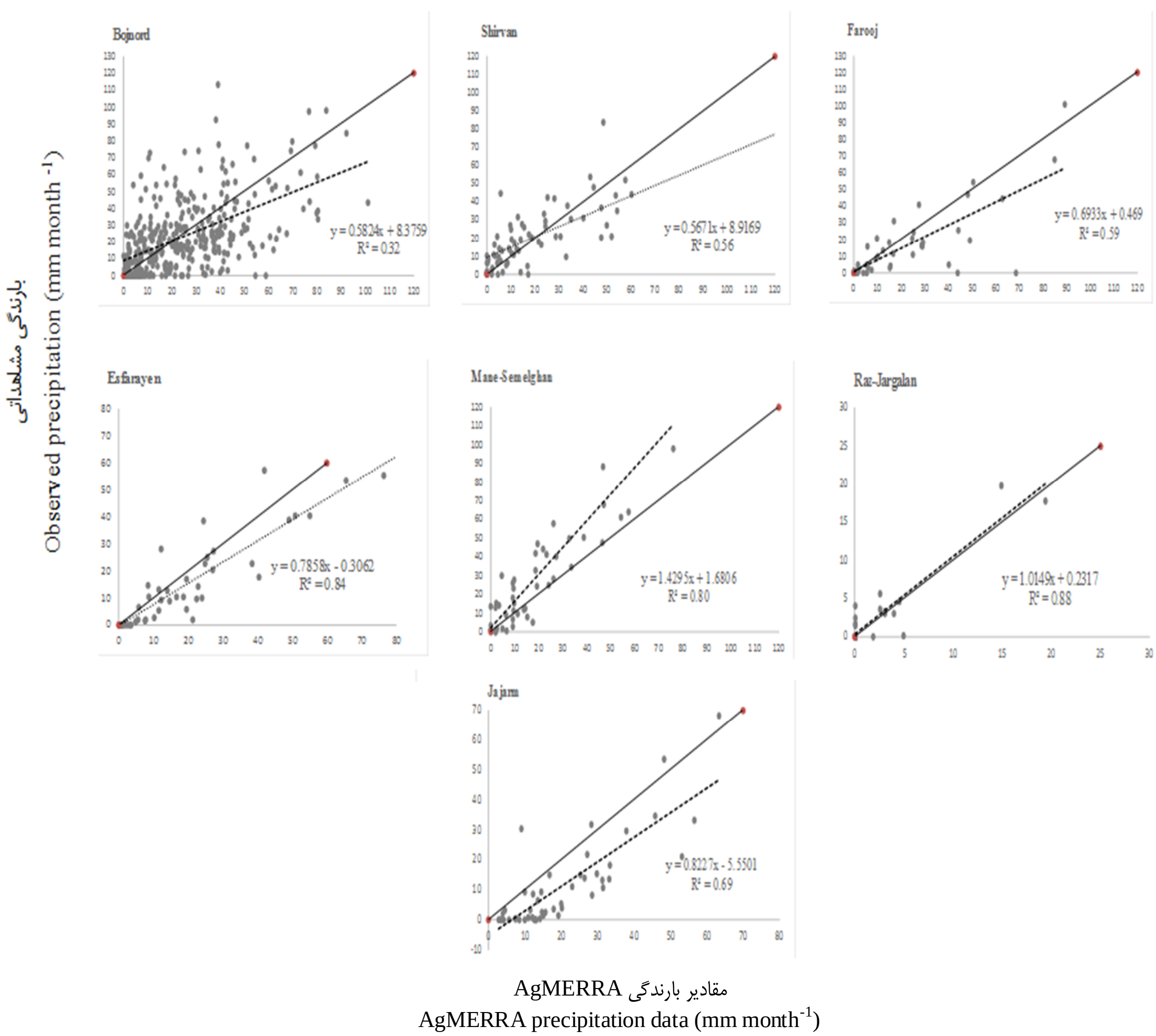


شکل 6- مقایسه مقادیر روزانه مشاهداتی بارندگی ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان شمالی با AgMERRA؛ خط سیاه: خط یک به یک؛ خط نقطه‌چین: خط رگرسیون؛ R^2: ضریب تبیین

Figure 6- Validation of daily precipitation (*prate*) observational values of North Khorasan synoptic stations with AgMERRA data. Solid line: 1:1 line; dotted line: regression line. R^2: coefficient of determination

مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهداتی همبستگی نسبتاً ضعیفی برای رطوبت نسبی در درجه حرارت حداکثر داشتند. کارایی نسبتاً ضعیف AgMERRA در تخمین رطوبت نسبی در درجه حرارت حداکثر در مطالعه دیگری نیز نشان داده شد (Bender and Sentelhas, 2018). پژوهش انجام شده برای مقایسه داده‌های مشاهداتی و گریدبندی شده در منطقه کمربند ذرت در آمریکا، دقت اندک ماهواره‌های Daymet و PRISM را در تخمین رطوبت نسبی نشان داد و ضرایب تبیین به‌ترتیب 0/48 و 0/67به‌دست آمد (Mourtzinis *et al.*, 2016). جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده برای متغیر رطوبت نسبی در درجه حرارت حداکثر (Rhs_{tmax}) در رده خوب و متوسط قرار گرفت. ضریب تبیین رطوبت نسبی در درجه حرارت حداکثر برای ایستگاه‌های مانه سملقان، راز جرگلان، فاروج، اسفراین، جاجرم و شیروان بین 0/38 تا 0/50 تعیین شد و در ایستگاه بجنورد همبستگی ضعیفی بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهداتی حاصل شد (r =0/40). شبیه‌سازی بارش توسط AgMERRA در مقیاس ماهانه نتایج بهتری نسبت به بارندگی روزانه نشان داد. بررسی اعتبارسنجی بارش در مطالعات دیگر نیز بیانگر کارایی قابل قبول AgMERRA در برآورد داده‌های بارندگی ماهانه و مجموع بارندگی 15 روزه نسبت به بارندگی روزانه می‌باشد (Razavi *et al.*, 2018; Yaghoobi *et al.*, 2018). اگرچه شاخص‌های ارزیابی مقادیر قابل قبولی را برای

بارندگی روزانه و ماهانه نشان می‌دهند، اما ضریب همبستگی بالایی بین مقادیر پیش‌بینی شده بارندگی روزانه و ماهانه و مقادیر مشاهداتی وجود ندارد که این واقعیت به وضوح در شکل‌های 6 و 7 مشخص شده است و دلیل آن را می‌توان به تغییرات زیاد شدت و مدت بارش به‌خصوص در حوزه‌های کوچک نسبت داد (Lopes, 1996). این بدین معناست که ممکن است بارندگی در یک منطقه بدون بارندگی در مناطق مجاور اتفاق بیفتد که در نتیجه روش‌های درون‌یابی نمی‌توانند این پدیده را به‌طور دقیق نشان دهند. بنابراین، به‌کارگیری مدل‌هایی که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای عمل می‌کنند می‌توانند در پیش‌بینی و برآورد بارش راهگشا باشند.



شکل 7- مقایسه مقادیر ماهانه مشاهداتی بارندگی ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان شمالی با داده‌های AgMERRA؛ خط سیاه: خط یک به یک؛ خط نقطه‌چین: خط رگرسیون، R^2: ضریب تبیین

Figure 7- Validation of monthly precipitation (*prate*) observational values of North Khorasan synoptic stations with AgMERRA data. Solid line: 1:1 line; dotted line: regression line. R^2: coefficient of determination

اگرچه داده‌های AgMERRA تلفیقی از داده‌های ماهواره‌ای MERRA، PERSIAN و CMORPH و داده‌های جمع‌آوری شده از سطح ایستگاه‌های زمین مرجع می‌باشد، با وجود این، مسأله عدم تخمین دقیق توزیع بارندگی هنوز به قوت خود باقی است (Lashkari *et al.*, 2016). در پژوهشی دیگر، داده‌های تخمینی بارندگی برای ایستگاه بجنورد واقع در خراسان شمالی مورد بررسی قرار گرفت. در

این بررسی، مدل PERSIAN نسبت به روش‌های IDW و کریجینگ ضریب همبستگی بالاتری را با داده‌های ایستگاهی نشان داد (Ghazanfari Moghadam *et al.*, 2011). بررسی شاخص‌های مختلف ارزیابی در تحقیق حاضر نشان می‌دهد که داده‌های شبکه‌بندی شده AgMERRA برای تشعشع خورشیدی، درجه حرارت حداقل، درجه حرارت حداکثر (به استثنای بارندگی روزانه و رطوبت نسبی در درجه حرارت حداکثر) تطابق (0/92< d و 30%> *NRMSE*) و همبستگی خوبی (0/96 ≥ r ≥ 0/81) با داده‌های ایستگاهی در مناطق خشک، نیمه‌خشک معتدل و سرد و کوهستانی استان خراسان شمالی دارد. تجمیع داده‌های روزانه بارندگی به‌صورت داده‌های ماهانه، منجر به بهبود ضریب همبستگی شد. نتیجه مشابهی در پژوهش دیگری که در استان خراسان رضوی و قسمتی از خراسان شمالی انجام شد به‌دست آمد (Yaghoubi *et al.*, 2020).

جدول 2- اعتبارسنجی مقادیر روزانه مشاهداتی دمای حداکثر ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان شمالی با داده‌های AgMERRA

Table 2- Validation of daily maximum temperature (T_{max}) observational values of North Khorasan synoptic stations with AgMERRA

ایستگاه سینوپتیک Synoptic station	بازه زمانی مورد مطالعه Studied time period	تعداد داده‌ها Number of data(N)	R^2	*d*	*RMSE*	*NRMSE*	*MBE*	رده‌بندی Classification
بجنورد Bojnord	1980-2010	10950	0.77	0.96	6.71	13.5	4.03	خوب Good
شیروان Shirvan	2005-2010	2071	0.92	0.99	4.47	9.01	0.6	عالی Great
فاروج Farooj	2007-2010	1142	0.84	0.99	4.31	7.83	0	عالی Great
اسفراین Esfarayen	2007-2010	1430	0.93	0.99	3.85	8.05	0.33	عالی Great
مانه سملقان Mane Semelghan	2007-2010	1460	0.89	0.99	3.54	7.76	0.04	عالی Great
راز جرگلان Raz -Jargalan	2007-2010	1050	0.89	0.99	3.9	7.91	-0.1	عالی Great
جاجرم Jajarm	2007-2010	1460	0.9	0.99	3.81	7.99	-0.2	عالی Great

جدول 3- اعتبارسنجی مقادیر روزانه مشاهداتی درجه حرارت حداقل ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان شمالی با AgMERRA

Table 3- Validation of daily minimum temperature (T_{min}) observational values of North Khorasan synoptic stations with AgMERRA data

ایستگاه سینوپتیک Synoptic station	بازه زمانی مورد مطالعه Studied time period	تعداد داده‌ها Number of data (N)	R^2	*d*	*RMSE*	*NRMSE*	*MBE*	رده‌بندی Classification
بجنورد Bojnord	1980-2010	11315	0.73	0.93	6.41	12.23	4.62	خوب Good
شیروان Shirvan	2005-2010	2071	0.84	0.96	3.77	7.98	0.26	خوب Great
فاروج Farooj	2007-2010	1142	0.67	0.92	5.12	8.08	-0.1	عالی Great
اسفراین Esfarayen	2007-2010	1430	0.86	0.94	5.13	11.23	0.49	خوب Good
مانه سملقان Mane Semelghan	2007-2010	1460	0.87	0.98	3.2	7.93	0.11	عالی Great
راز جرگلان Raz -Jargalan	2007-2010	1049	0.93	0.93	7.03	15.81	0.61	خوب Good
جاجرم Jajarm	2007-2010	1460	0.88	0.99	3.18	7.98	0	عالی Great

نتایج اعتبارسنجی مقادیر شبیه‌سازی شده AgMERRA با داده‌های مشاهداتی 7 ایستگاه مورد مطالعه بیانگر کارایی و قابلیت بالای آن برای پر کردن خلاءها و تولید سری داده‌های هواشناسی می‌باشد. مطالعات دیگری نیز در ایران (Lashkari *et al*., 2016)، افغانستان (Razavi *et al*., 2018)، (Yaghoubi *et al*., 2020) و برزیل (Battisti *et al*., 2019) انجام گرفته که همگی حاکی از کارایی رضایت‌بخش مجموع داده‌های AgMERRA برای پر کردن خلاء داده‌های تاریخی هستند. به‌طور کلی، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که می‌توان از سری داده‌های AgMERRA برای مطالعات اقلیمی، تجزیه تحلیل، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های کشاورزی در حوزه استان خراسان شمالی استفاده نمود.

جدول 4- مقایسه مقادیر روزانه مشاهداتی تشعشع خورشیدی ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان شمالی با داده‌های AgMERRA

Table 4-Validation of daily solar radiation (*Srad*) observational values of North Khorasan synoptic stations with AgMERRA data

ایستگاه سینوپتیک Synoptic station	بازه زمانی مورد مطالعه studied time period	تعداد داده‌ها Number of data (N)	R^2	*d*	*RMSE*	*NRMSE*	*MBE*	رده‌بندی Classification
بجنورد Bojnord	1980-2010	10368	0.88	0.96	4.94	27.4	-3.8	متوسط Medium
اسفراین Esfarayen	2007-2010	1460	0.87	0.98	4.75	26.6	-0.5	متوسط Medium
مانه سملقان Mane Semelghan	2007-2010	563	0.75	0.97	5.57	32.31	-0.2	ضعیف Poor
جاجرم Jajarm	2007-2010	1460	0.87	0.98	5.06	28.85	-0.6	متوسط Medium

جدول 5- اعتبارسنجی مقادیر روزانه مشاهداتی رطوبت نسبی در درجه حرارت حداکثر ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان شمالی با داده‌های AgMERRA

Table 5- Validation of daily relative humidity in maximum temperature (Rhs_{tmax}) observational values of North Khorasan synoptic stations with AgMERRA data

ایستگاه سینوپتیک Synoptic station	بازه زمانی مورد مطالعه studied time period	تعداد داده‌ها Number of data (N)	R^2	*d*	*RMSE*	*NRMSE*	*MBE*	رده‌بندی Classification
بجنورد Bojnord	1980-2010	11315	0.16	-0.16	22.69	23.15	11.8	متوسط medium
شیروان Shirvan	2005-2010	2071	0.5	0.92	19.15	19.17	1.62	خوب Good
فاروج Farooj	2007-2010	1156	0.45	0.93	17.45	19.55	0.9	خوب Good
اسفراین Esfarayen	2007-2010	1430	0.47	0.94	14.81	16.83	1.09	خوب Good
مانه سملقان Mane Semelghan	2007-2010	1460	0.38	0.9	21.22	23.32	1.86	متوسط Medium
راز جرگلان Raz -Jargalan	2007-2010	1043	0.39	0.91	20.33	22.01	1.21	متوسط Medium
جاجرم Jajarm	2007-2010	1460	0.49	0.93	15.4	16.92	1.29	خوب Good

جدول 6- اعتبارسنجی مقادیر روزانه و ماهانه مشاهداتی بارندگی ایستگاه‌های سینوپتیک خراسان شمالی با داده‌های AgMERRA

Table 6- Validation of daily and monthly precipitation (*prate*) observational values of North Khorasan synoptic stations with AgMERRA data

ایستگاه سینوپتیک Synoptic station	مقیاس زمانی Temporal scale	بازه زمانی مورد مطالعه Studied time period	تعداد داده‌ها Number of data (N)	R^2	*d*	*RMSE*	*NRMSE*	*MBE*	رده‌بندی Classification
بجنورد Bojnord	روزانه Daily	1980-2010	11222	0	0.18	3.68	6.78	0	عالی Great
بجنورد Bojnord	ماهیانه Monthly	1980-2010	372	0.32	0.88	19.02	16.78	0	خوب Good
شیروان Shirvan	روزانه Daily	2005-2010	2190	0.17	0.63	2.48	8.84	0	عالی Great
شیروان Shirvan	ماهیانه Monthly	2005-2010	71	0.56	0.82	21.24	14.83	-0.02	خوب Good
فاروج Farooj	روزانه Daily	2007-2010	1235	0.12	0.55	2.96	10.46	0	خوب Good
فاروج Farooj	ماهیانه Monthly	2007-2010	43	0.59	0.91	16.49	16.26	0	خوب Good
اسفراین Esfarayen	روزانه Daily	2007-2010	1430	0.21	0.66	2.5	9.83	-0.02	عالی Great
اسفراین Esfarayen	ماهیانه Monthly	2007-2010	48	0.84	0.97	9.46	13.68	-0.02	خوب Good
مانه سملقان Mane Semelghan	روزانه Daily	2007-2010	1446	0.19	0.62	2.97	9.5245	0.04	عالی Great
مانه سملقان Mane Semelghan	ماهیانه Monthly	2007-2010	48	0.80	0.92	18.51	11.86	0.04	خوب Good
راز جرگلان Raz -Jargalan	روزانه Daily	2007-2010	1025	0.06	0.4	4.43	4.74	0.03	عالی Great
راز جرگلان Raz -Jargalan	ماهیانه Monthly	2007-2010	41	0.88	0.96	1.49	7.53	0	عالی Great
جاجرم Jajarm	روزانه Daily	2007-2010	1428	0.17	0.62	2.26	7.64	0	عالی Great
جاجرم Jajarm	ماهیانه Monthly	2007-2010	48	0.69	0.91	12.51	18.262	0	خوب Good

R^2 (ضریب تبیین)، *d* (شاخص توافق)، *RMSE* (جذر میانگین مربعات خطا)، *NRMSE* (جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده) و *MBE* (میانگین خطای اریبی)

R^2 (coefficient of determination); *d* (Index of Agreement); *RMSE* (Root Mean Square Error); *NRMSE* (Normalized Root Mean Square Error); *MBE* (Mean Bias Error)

سپاسگزاری

بخشی از هزینه‌های انجام این تحقیق (کد 3/47582 مصوب 1397/7/4) از محل اعتبار پژوهه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

1. Amatya, D. M., Muwamba, A., Panda, S., Callahan, T., Harder, S., and Pellett, C. A. 2018. Assessment of Spatial and Temporal Variation of Potential Evapotranspiration Estimated by Four Methods for South Carolina. The Journal of South Carolina Water Resources 5 (5): 3-24. Available from https://doi.org/10.34068/jscwr.05.01
2. Angstrom, A. 1924. Solar and terrestrial radiation. Report to the international commission for solar research on actinometric investigations of solar and atmospheric radiation. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 50 (210): 121-126. Available from https://doi.org/10.1002/qj.49705021008
3. Bannayan, M., Sanjani, S., and Alizadeh, A. 2010. Association between climate indices , aridity index , and rainfed crop yield in northeast of Iran. 118: 105-114. Available from https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.04.011

4. Battisti, R., Bender, F. D., and Sentelhas, P. C. 2019. Assessment of different gridded weather data for soybean yield simulations in Brazil. January. Available from https://doi.org/10.1007/s00704-018-2383-y
5. Bender, F. D., and Sentelhas, P. C. 2018. Solar Radiation Models and Gridded Databases to Fill Gaps in Weather Series and to Project Climate Change in Brazil Solar Radiation Models and Gridded Databases to Fill Gaps in Weather Series and to Project Climate Change in Brazil. Advances in Meteorology, July, 15. Available from https://doi.org/10.1155/2018/6204382
6. Bosilovich, M. G., Akella, S., Coy, L., Cullather, R., Draper, C., Gelaro, R., Kovach, R., Liu, Q., Molod, A., Norris, P., Wargan, K., Chao, W., Reichle, R., Takacs, L., Vikhliaev, Y., Bloom, S., Collow, A., Firth, S., Labow, G., …and Koster, R. D. 2015. Technical Report Series on Global Modeling and Data Assimilation, Volume 43 MERRA-2: Initial Evaluation of the Climate. Technical Report Series on Global Modeling and Data Assimilation, 43 (November).
7. Bristow, K. L., and Campbell, G. S. 1984. On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature. Agricultural and Forest Meteorology 31 (2): 159-166.
8. Burroughs, W. 2003. Climate into the 21st Century. Cambridge University Press.
9. Castellanos-acuna, D., and Hamann, A. 2020. A cross-checked global monthly weather station database for precipitation covering the period 1901-2010. March 2019, 1-11. Available from https://doi.org/10.1002/gdj3.88
10. Geng, S., Vries, F. W. T. P. de, and Supit, I. 1986. “A simple method for generating daily rainfall data.” Agricultural and Forest Meteorology 36 (4): 363-376.
11. Ghazanfari Moghadam, M. S., Alizadeh, M., Mousavi, M., Farid Hoseini, A., and Bannayan, M. 2011. Comparison the PERSIANN Model with the Interpolation Method to Estimate Daily Precipitation. Journal of Water and Soil 25 (1): 207-215. Available from https://doi.org/10.22067/ifstrj.v1395i0.51210
12. Joyce, R. J., Janowiak, J. E., Arkin, P. A., and Xie, P. 2004. CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. Journal of Hydrometeorology 5 (3): 487–503. Available from https://doi.org/10.1175/1525-7541(2004)005<0487:CAMTPG>2.0.CO;2
13. Júnior, R. S. N., Fraisse, C., Cerbaro, V. A., Karrei, M. A. Z., and Guindin-garcia, N. 2019. Evaluation of the Hargreaves-Samani Method for Estimating Reference Evapotranspiration with Ground and Gridded Weather Data Sources. Applied Engineering in Agriculture, 35 (5): 823-835. Available from https://doi.org/10.13031/aea.13363
14. Koocheki, A., Nassiri-mahallati, M., and Jafari, L. 2016. Evaluation of Climate Change Effect on Agricultural Production of Iran I . Predicting the Future Agroclimatic Conditions. May 2020.
15. Lashkari, A., Bannayan, M., and Koochaki, A. and et al. 2016. Applicability of AgMERRA forcing dataset forgap-filling of in-situ meteorological observation, Case Study: Mashhad Plain. Journal of Water and Soil 29 (6): 1749-1758.
16. Lopes, V. L. 1996. On the effect of uncertainty in spatial distribution of rainfall on catchment modelling. Catena, 28 (1-2): 107-119. Available from https://doi.org/10.1016/S0341-8162(96)00030-6
17. Mahmood, R., Foster, S. A., and Logan, D. 2006. The GeoProfile metadata, exposure of instruments, and measurement bias in climatic record revisited. International Journal of Climatology 26 (8): 1091-1124. Available from https://doi.org/10.1002/joc.1298
18. Mourtzinis, S., Edreira, J. I. R., Conley, S. P., and Grassini, P. 2016. From grid to field: Assessing quality of gridded weather data for agricultural applications. European Journal of Agronomy. Available from https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.013
19. Prescott, J. 1940. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. Trans and Proc Roy Soc South Australia, 64 (1): 114-118.
20. Razavi, A. R., Nasiri Mahallati, M., Koochaki, A., and Beheshti, A. 2018. Applicability of AgMERRA for Gap-Filling of Afghanistan in-situ Temperature and Precipitation Data A. Journal of Water and Soil 32 (3): 601-616. Available from https://doi.org/10.22067/jsw.v32i3.68501
21. Richardson, C. W., and Wright, D. A. 1984. WGEN: A Model for- Generating Daily Weather Variables. , Vol. ARS-8, U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC, USA.
22. Rienecker, M. M., Suarez, M. J., and Gelaro, R. 2011. MERRA: NASA’s Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications. Journal of Climate 24 (14): 3624-3648.
23. Ruane, A. C., Goldberg, R., and Chryssanthacopoulos, J. 2015. Climate forcing datasets for agricultural modeling: merged products for gap-filling and historical climate series estimation. Agricultural and Forest Meteorology 200: 233-248.
24. van Wart, J., Grassini, P., and Cassman, K. G. 2013. Impact of derived global weather data on simulated crop yields. Global Change Biology 19 (12): 3822-3834.
25. Van Wart, J., Grassini, P., Yang, H., Claessens, L., Jarvis, A., and Cassman, K. G. 2015. Creating long-term weather data from thin air for crop simulation modeling. Agricultural and Forest Meteorology 209-210, 49-58. Available from https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.02.020
26. Wallach D., Makowski D., and J. J. W. 2006. Working with dynamic crop models.1st Edidion (D. W. D. M. J.

Jones (ed.)).

27. White, J. W., Hoogenboom, G., Stackhouse, P. W., and Hoell, J. M. 2008. Evaluation of NASA satellite- and assimilation model-derived long-term daily temperature data over the continental US. 148: 1574-1584. Available from https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.05.017
28. Willmott, C. J., Ackleson, S. G., Davis, R. E., Feddema, J. J., Klink, K. M., Legates, D. R., O'Donnell, J., and Rowe, C. M. 1985. Statistics for the evaluation and comparison of models. Journal of Geophysical Research 90 (C5): 8995. Available from https://doi.org/10.1029/jc090ic05p08995
29. Xavier, A. C., King, C. W., and Scanlon, B. R. 2015. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). International Journal of Climatology 36 (6): 2644-2659.
30. Yaghoobi, F., Bannayan, M., and Asadi, G. 2018. Evaluation of Grided AgMERRA Weather Data for Simulation of Water Requirement and Yield of Rainfed Wheat in Khorasan Razavi Province F. 32 (2): 415-431. Available from https://doi.org/10.22067/jsw.v32i2.68948
31. Yaghoubi, F., Bannayan, M., and Asadi, G. A. 2020. Performance of predicted evapotranspiration and yield of rainfed wheat in the northeast Iran using gridded AgMERRA weather data. International Journal of Biometeorology. Available from https://doi.org/10.1007/s00484-020-01931-y

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 2, Summer. 2021, p. 201-217

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 19، شماره 2، تابستان 1400، ص. 217-201

Investigation of Validity and Possibility of using AgMERRA Networked Dataset in North Khorasan Province

M. Farhadi[1], M. Jahan[2*], M. Bannayan Aval[3]

Received: 17-04-2021
Accepted: 19-05-2021

Introduction

Investigating the effect of climate change on agricultural production in spatio-temporal dimension, development and use of crop management decision-support tools, supporting and target agronomic research and policy require a series of accurate and standard meteorological data. The weather station databases are often regional in coverage, and it can have extensive gaps in station coverage over time. It may also contain errors in climate records, station coordinates or elevation. While historical observational data are incomplete or not available in many areas; therefore, gridded weather data are used as an alternative in these areas. An issue is the agreement of gridded with measured weather data and the degree to which this agreement may influence the utility of gridded for agricultural research. In this study, the possibility of using AgMERRA data series to fill the gap of incomplete and missing historical data in seven synoptic meteorological stations in North Khorasan province in the period (1980-2010) was investigated.

Materials and Methods

Historical daily measured weather data (maximum and minimum air temperature, sunshine hours, relative humidity, and precipitation) for the 1980 to 2010 period, were obtained from the 7 synoptic weather stations (Bojnord, Shirvan, Farooj, Esfarayen, Mane-Semelghan, Raz-Jargalan, Jajarm) across Northern Khorasan. The robustness of AgMERRA dataset was investigated through statistical validation indices including *RMSE* (Root Mean Square Error), R^2 (Coefficient of Determination), *d* (d Index of Agreement), *NRMSE* (Normalized Root Mean Square Error) and *MBE* (Mean Bias Error).

Result and Discussion

Strong positive correlations were observed between simulated values of maximum and minimum temperature with observational values ($0.81 \leq r \leq 0.96$). The *NRMSE* was excellent and good for all stations ($7.76 \leq NRMSE \leq 15.81$). Overall, the high agreement index ($d \geq 0.92$), as well as the small values of the *MBE*, indicated good agreement between the observed and predicted data for the maximum and minimum temperature variable. The solar radiation simulations correlated well with the observed values ($0.86 \leq r \leq 0.93$). The high values for agreement index were obtained in four stations ($0.96 \leq d \leq 0.98$). But the *NRMSE* for Bojnourd, Esfarayen, and Jajarm stations was ranked in moderate class ($20 < NRMSE < 30$), and weak class for Mane Semelghan station ($NRMSE = 32.31$). Other stations (Shirvan, Farooj, and Raz-Jargalan) did not have station observation values for the radiation variable. AgMERRA had a relatively high ability to simulate the relative humidity variable at maximum temperature for Shirvan, Farooj, Esfarayen, and Jajarm stations. The agreement index for these stations was between 0.92 and 0.94, also those *NRMSE* was ranked in the good class. The coefficient of correlation (*r*) between the predicted values with the observational data of the relative humidity at maximum temperature (Rhs_{tmax}) ranged from 0.40 to 0.70. The low *r* value can be related to the topographic conditions and low vegetation of these areas. AgMERRA daily precipitation data had excellent *NRMSE*. Due to the weak correlation between the predicted daily precipitation data and the observational data, the total monthly precipitation of each station was examined, which showed better correlation and *NRMSE* than of the daily precipitation. Considering the monthly time scale compared to the daily, *NRMSE* reduced from a high class to a good class, also a strong correlation was obtained especially for Raz- Jarglan (0.88), Esfarayen (0.84), and Mane Semolghan (0.80) stations.

Conclusions

AgMERRA gridded dataset for maximum and minimum temperature, solar radiation excluding daily precipitation and relative humidity at maximum temperature showed high accordance ($d > 0.92$ and $NRMSE < 30\%$) and strong correlation ($0.81 \leq r \leq 0.96$) with station data in arid, semiarid, temperate, cold and mountainous areas of North Khorasan province. However, a more strong correlation was obtained when daily

1- PhD student, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3- Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: jahan@um.ac.ir)

precipitation data were aggregated into monthly data. In general, the validation results of the AgMERRA simulated values with 7 synoptic stations indicated its robustness and power to produce meteorological data series. So AgMERRA data series can be used for climate studies, analysis, planning and decision making in agriculture section in North Khorasan province.

Keywords: Agricultural meteorology, Spatio-temporal changes, Stations data, Validation